

# RECEPTOR DE BANDA ANCHA PARA COMUNICACIONES DE ALTA VELOCIDAD.

Enrique Santamaría, Antonio Tazón, Ignacio Santamaría, Ángel Mediavilla.

Departamento de Ingeniería de Comunicaciones

Universidad de Cantabria.

e-mail : antonio.tazon@unican.es

**Abstract-** In accordance with the development that communication system have experimented in the last 30 years, it is expected that the fourth generation 4Gmobile will be able to offer a large variety of multimedia services. These services will range from the traditional service of voice to the transmission of high quality video, including the new IP service. Said systems will need higher transmission rates than nowadays equipment can currently offer. For this reason a new software radio platform is being developed. These platforms allow us to research into new interface technology that can be useful in the 4Gmobile systems. This article presents a brief summary of the stages in the design, simulation and elaboration of a 2.38 GHz receiver that will be part of the develop of one software radio platform.

## I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la evolución que han experimentado los sistemas de comunicaciones móviles a lo largo de los últimos treinta años, se espera que la cuarta generación (4Gmobile) pueda ofrecer una gran variedad de servicios multimedia que abarcarán desde el tradicional servicio de voz básico hasta la transmisión de vídeo de alta definición pasando por una amplia gama de servicios IP. Estos sistemas requerirán unas velocidades de transmisión muy superiores a las ofertadas por los sistemas actuales. Por ello se están desarrollando plataformas software radio que permita investigar en nuevas tecnologías de interfaces radio susceptibles de ser utilizadas en los sistemas 4Gmobile. En este artículo se presenta un breve resumen de las etapas de diseño, simulación y construcción de un receptor a 2.38 GHz controlado por software que formará parte de un sistema de comunicaciones y será empleado para el desarrollo de una plataforma software radio.

## II. PLATAFORMA SOFTWARE RADIO

Los rápidos progresos que la tecnología digital ha venido experimentando a lo largo de los últimos años ha traído consigo un cambio en el diseño de los terminales radio en los que cada vez más se tiende a reducir la parte RF analógica y aumentar la implementación digital de un número cada vez mayor de componentes del sistema<sup>[1]</sup>. La idea de conseguir una integración cada vez mayor entre la parte analógica RF y la parte digital de un terminal radio se conoce con el nombre de Software-Defined Radio (SDR) y con seguridad jugará un papel fundamental en la implementación de los interfaces radio de los sistemas 4Gmobile.

La principal ventaja de las SDR es la de permitir implementar diferentes estándares en una sola plataforma.

Este es un aspecto clave en los sistemas 4Gmobile que con toda seguridad deberán ser compatibles con los estándares de generaciones anteriores<sup>[2]</sup>. Otras ventajas de las SDR son las siguientes:

- ✓ Posibilidad de aprovechar numerosos desarrollos software que ya se encuentran disponibles para generaciones anteriores.
- ✓ Facilidad de configurar los terminales según necesidades específicas de los usuarios<sup>[3]</sup>.
- ✓ Facilidad de introducir nuevos servicios y características mediante actualizaciones por software. Este enfoque es particularmente atractivo para la creciente industria de las comunicaciones móviles en la que tanto las necesidades de los usuarios como los estándares están continuamente evolucionando.
- ✓ Flexibilidad para optimizar las prestaciones del sistema a lo largo del tiempo y reducir así los riesgos asociados al despliegue de nuevos sistemas<sup>[4]</sup>.
- ✓ Flexibilidad y robustez para implementar técnicas de diversidad espacial que involucren la utilización de múltiples antenas tanto en transmisión como en recepción<sup>[5]</sup>.

La plataforma para la cual ha sido construido el receptor permitirá programar por software las funciones banda base tanto del transmisor como del receptor. En recepción la señal se convertirá a una frecuencia intermedia y se digitalizará con un conversor A/D de altas prestaciones. Las velocidades de transmisión que se manejarán serán del orden de 20 Mb/s . La señal recibida estará centra en 2.38 GHz. Se ha optado por una frecuencia menor de 5 GHz (frecuencia de operación del sistema 4Gmobile) para simplificar la construcción del receptor, debido a que este cambio no tiene ningún efecto determinante en el desarrollo de la plataforma software radio.

## III. DESARROLLO DEL SISTEMA RECEPTOR

En la figura 1 se muestra el diagrama de bloques del receptor. Como se puede apreciar en el dibujo el sistema está formado por 5 bloques claramente diferenciados.

En su conjunto el receptor está preparado para recibir una señales con un ancho de banda de unos 20 MHz centradas entorno a una portadora de 2.38 GHz y bajarlas a un frecuencia intermedia de 15 MHz. A continuación se detallará la función y las características principales de cada uno de los bloques.

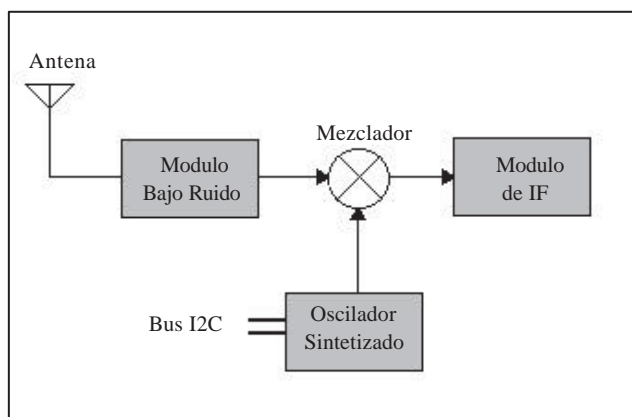


Figura 1. Diagrama de bloques del receptor

La antena, para este caso particular se ha escogido una antena tipo dipolo. Dicha antena está construida en circuito impreso, con un sustrato de fibra de vidrio FR4, y centrada a la frecuencia del receptor.

El modulo de bajo ruido está compuesto por dos amplificadores bajo ruido y un filtro conformador de banda. La misión de estos amplificadores es conseguir fijar la figura de ruido del receptor en torno 2 dB. El filtro conformador de banda es de tipo hairpin y posee un ancho de banda de unos 50 MHz con unas pérdidas en la banda en torno a los 5 dB. Este bloque posee una ganancia aproximada de 33 dB.

El mezclador es un dispositivo estándar para la banda de trabajo y presenta unas pérdidas de conversión de 9.5 dB en el peor caso.

El oscilador sintetizado se ha desarrollado utilizando el sintetizador SP5769, que nos permite variar la frecuencia que se inyecta en el mezclador, mediante un PC a través del bus I2C. La referencia para este bloque se toma de un oscilador a cristal OCXO de 10 MHz. La posibilidad de variar la frecuencia del VCO, así como el exceso de ancho de banda de el filtro conformador de banda permite que nuestro receptor sea capaz de captar señales a diferentes frecuencias en un rango de unos 15 MHz arriba y abajo de la frecuencia central para modulaciones con un ancho de banda de 20 MHz. Este bloque inyecta una potencia de -7 dBm en el mezclador y posee, en largo término, una estabilidad en frecuencia de  $\pm 1 \times 10^{-9}$ . Su ruido de fase viene dado por la siguiente tabla 1.

Ruido de Fase	Distancia a la portadora
-78 dBc	1 KHz
-82 dBc	10 KHz
-92 dBc	100 KHz
-118 dBc	1 MHz

Tabla 1. Características de ruido del sintetizador.

La utilización de este receptor en la plataforma software radio impone que a la salida del módulo de frecuencia intermedia (IF) el espectro debe de quedar completamente limpio a partir de 32.5 MHz. Nuestra banda de interés llega hasta 25 MHz por lo que sólo se dispone de 8 MHz para conseguir una caída de unos 40 dB. Para cumplir con estas especificaciones el bloque de IF posee dos filtros LPB. El primero de ellos es un

filtro elíptico con un ancho de banda de 25 MHz, que tiene un polo en 35 MHz lo que nos proporciona una atenuación de unos 35 dB a 32.5 MHz. A continuación de este filtro se ha colocado otro con una configuración Butterworth para contrarrestar el rizado que el filtro elíptico permite en la banda de atenuación. Este último filtro, tiene un ancho de banda de unos 26 MHz y nos proporcionará además una atenuación extra a 32.5 MHz lo que nos permitirá bajar de los 40 dB deseados. Para completar este bloque se le han añadido 3 amplificadores y un atenuador variable que nos permitirá tener a la salida una potencia de señal que va desde los 0 hasta los 15 dBm. La ganancia total de este bloque de IF es de unos 38 dB cuando su atenuador variable está fijado a 0 dB.

Para la simulación del sistema se ha utilizado el software ADS<sup>TM</sup>, de Agilent Technologies. La figura 2 muestra el esquema utilizado para la simulación de nuestro receptor.

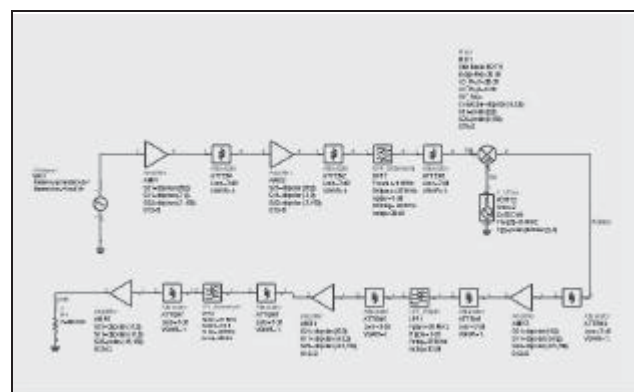


Figura 2. Esquemático del sistema receptor.

Las señales que van a llegar al receptor van a ser siempre señales con modulaciones digitales en nuestro caso se ha optado por introducir al sistema una señal QPSK centrada en 2.38 GHz. La idea es generar una señal que se parezca, en la medida de lo posible, a las modulaciones que pueden llegar a la antena de nuestro sistema. Para ello, una vez generada la QPSK se la pasa por un filtro paso banda en raíz cuadrada de coseno alzado y también por un amplificador con el fin de que aparezcan en la modulación las deformaciones que se producirían en una QPSK ideal al pasarla por un transmisor. Al final se obtiene una QPSK con un ancho de banda de 20 MHz y una potencia de -45 dBm cuyo espectro se muestra en la figura 3.

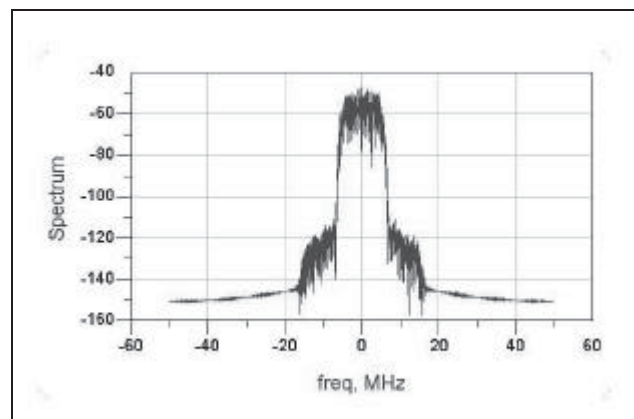


Figura 3. Espectro de la señal de entrada al receptor.

Atendiendo a la figura 3 se puede ver como al pasar la QPSK por el filtro paso banda se consiguen suprimir sus lóbulos secundarios y al pasarla por el amplificador conseguimos ese ensanchamiento de espectro que se observa en la gráfica.

Antes de excitar nuestro receptor con esta señal se realizado un barrido de potencia de entrada para un solo tono y se observo que para una potencia de entrada de -45 dBm el receptor no entra en saturación.

Si nuestro receptor funciona correctamente a la salida del mismo deberíamos obtener una señal con una potencia aproximada de 15 dBm (ya que el atenuador variable se encuentra puesto a 0 dB en esta simulación.) cuando nos llega a la antena una modulación como la mostrada por la figura 3. La figura 4 muestra el espectro de la señal que se obtiene a la salida del receptor.

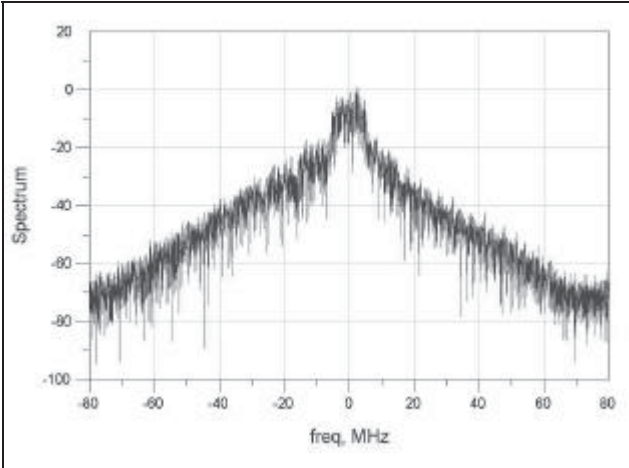


Figura 4. Espectro de la señal de salida del receptor

Este espectro se encuentra centrado en 15 MHz y está bastante deteriorado debido al ruido introducido por el sistema receptor. Pero hay que tener en cuenta que la señal introducida por la antena ya estaba distorsionada para de esta forma situarnos en el peor caso. No obstante, como se mostrará posteriormente, es suficiente para poder recuperar la información modulada.

La potencia de salida de la señal de la figura 4 medida en su ancho de banda es de 14.7 dBm tal y como se esperaba.

#### IV. RESULTADOS EXPERIMENTALES

En este apartado se abordará el desarrollo de algunos de los bloques comentados en el segundo apartado de este artículo.

En lo que se refiere al modulo de bajo ruido una de las partes fundamentales de este bloque es el filtro conformador de banda. Este filtro como se comento anteriormente es de tipo hairpin<sup>[6]</sup> y está fabricado sobre un sustrato de Arlon 25N. Esta configuración presenta una atenuación de unos 5 dB pero tiene la ventaja de no poseer rizado en la banda de paso. Su adaptación es mayor de 18 dB en toda la banda y tiene una caída bastante fuerte lo que nos permite definir perfectamente la banda de trabajo. El layout de estos filtros debe ser muy preciso y por ello se realizan con una maquina de drilling en lugar del clásico ataque químico. Además los filtros hairpin presentan por lo general un tamaño menor que los filtros

de líneas acopladas y esa fue una de las principales razones de escoger esta topología. En la figura 5 se puede ver una fotografía del filtro hairpin que se ha incluido en el modulo de bajo ruido del receptor.

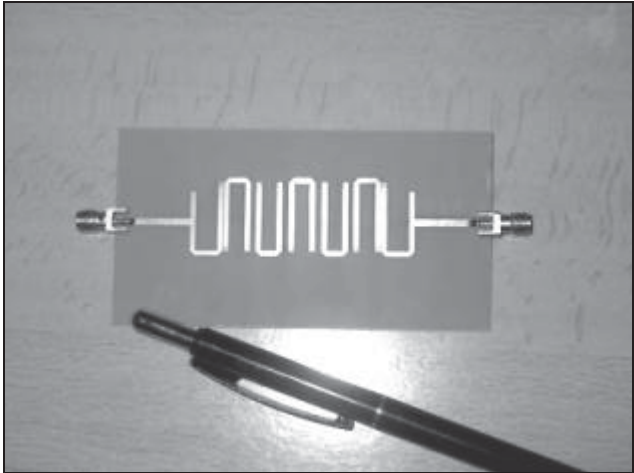


Figura 5. Filtro hairpin (Layout)

Otra parte fundamental del sistema receptor es el modulo de frecuencia intermedia o IF. Como se indicó en el apartado anterior este bloque consta de 3 amplificadores que están intercalados con dos filtros. Además de estos componentes también se han dispuesto atenuadores en los terminales de los filtros con dos objetivos. El primero de estos objetivos es evitar la desviación en frecuencia de los filtros por problemas de desadaptación. De esta forma se consigue mantener la adaptación de ambos filtros por debajo de 10 dB en toda la banda de interés. En segundo lugar estos atenuadores contribuyen también a que los amplificadores se saturen más tarde proporcionándonos así un mayor rango de potencias de entrada para las cuales el receptor funciona correctamente.

En el apartado anterior también se comentó que el filtro elíptico presentaba un polo en torno a 35 MHz. En un principio se pensó poner este polo en 32.5 MHz pero al final se desplazó para llegar a un compromiso entre atenuación y ancho de banda. Los resultados de las medidas experimentales del bloque de IF se muestran en la figura 6.

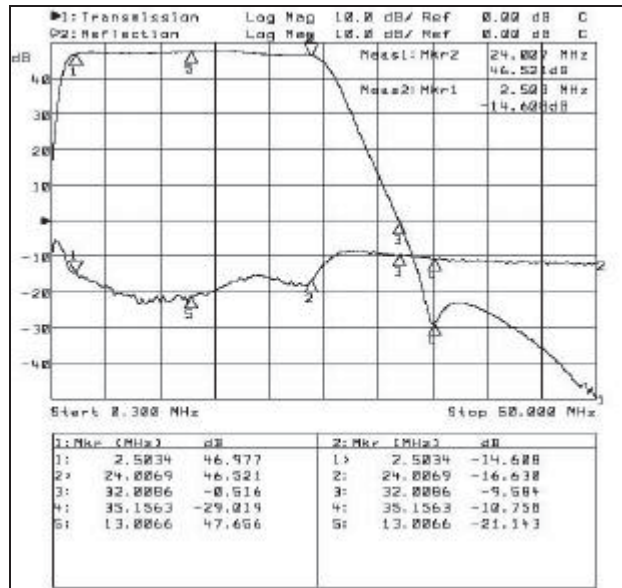


Figura 6. Medidas experimentales del bloque de IF



Una vez caracterizados todos los bloques del receptor se han introducido los datos obtenidos de las medidas en ADS<sup>TM</sup> y se ha vuelto a simular el sistema. Para poder ver como funcionaría el sistema dentro de una plataforma digital se ha hecho uso de la característica de cosimulación<sup>[7]</sup> que nos proporciona ADS<sup>TM</sup>. Esta herramienta nos permite integrar la parte de radiofrecuencia dentro de un flujo de datos, de esta forma podremos ver si un demodulador digital será capaz de recuperar la información original a partir de la señal que proporciona nuestro receptor. Para ello se ha creado un entorno de flujo de datos en el cual se genera una señal QPSK partiendo de unos bits de información. Esta señal se sube a 2.38 GHz y se introduce en el receptor. Por último la salida del receptor es demodulada para poder recuperar los bits de información originales. Los resultados obtenidos se muestran en las figuras 7 y 8.

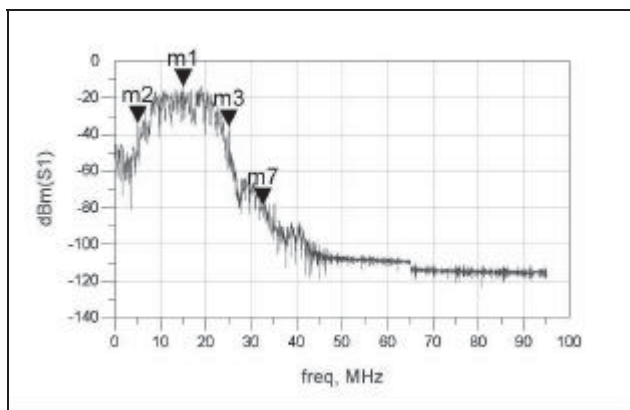


Figura 7. Espectro de la señal recuperada.

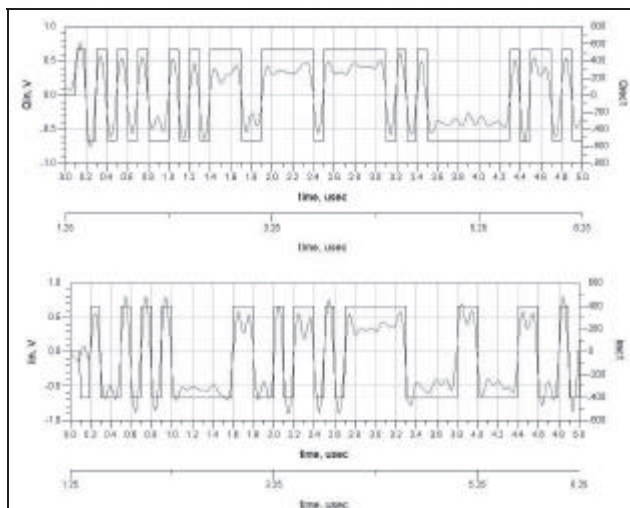


Figura 8. Recuperación de la información.

La a figura número 8 nos muestra el espectro a la salida del sistema. Como se puede apreciar la banda de interés queda claramente definida. También se puede observa como en 32.5 MHz (m7) la señal presenta una atenuación considerable y de ahí en adelante el espectro permanece limpio.

En la figura 8 podemos ver dos señales. La señal de pulsos rectangulares se corresponde con la información introducida en la QPSK mientras que la señal de trazo mas fino se corresponde con la información recuperada a partir de la salida de nuestro receptor.

También se ha comprobado que, para una señal de entrada no distorsionada el ACPR medido a 20 MHz de separación de la portadora y en un ancho de banda de 30 KHz es menor de 42 dB como se exige en los sistemas de comunicaciones.

## V. CONCLUSIONES

A largo de este artículo se ha estudiado un sistema de comunicaciones ancha banda para comunicaciones de alta velocidad. Se ha dado una pequeña visión de lo que es una plataforma software radio centrándonos concretamente en la parte del receptor. Se ha incidido en el desarrollo de las diferentes partes del sistema. Se ha simulado con resultados experimentales y se ha comprobado que existía una buena recuperación, aun introduciendo en la entrada del receptor una señal distorsionada.

En la presentación se darán resultados experimentales completos con varias señales recibidas y ejemplos de recuperación así como unas características de distorsión de intermodulación.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha estado financiado por el proyecto PLASOFTRA TIC2001-0751-C04-03.

## REFERENCIAS

- [1] J. Mitola, *Software Radio Architecture*, John Wiley & Sons, 2000.
- [2] J. Mitola, V. Bose, B. M. Leiner, T. Turetti, D. Tennenhouse, "Special Issue on Software Radios", *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, April 1999.
- [3] A. Munro, "Mobile Middleware for the Reconfigurable Software Radio", *IEEE Communications Magazine*, vol. 38, pp. 152-161, August 2000.
- [4] D. Murotake, J. Oates, A. Fuchs, "Real-Time Implementation of a Reconfigurable IMT-2000 Base Station Channel Modem", *IEEE Communications Magazine*, vol. 38, pp. 148-152, February 2000.
- [5] A. Pérez Neira, X. Mestre, J. R. Fonollosa, "Smart Antennas in Software Radio Base Stations", *IEEE Communications Magazine*, vol. 32, pp. 166-173, February 2001.
- [6] R.W. Rhea, *HF Filter Design and Computer simulation*, Noble Publishing; Atlanta, 1994.
- [7] HP Advanced Design System. HP Ptolemy simulation